

Отчет по лабораторной работе "Гистерезис"

Мамонтов Владислав Группа БФЗ201

31 мая 2021 г.

Содержание

Оборудование и схема установки	3
Схема установки	3
Теория	3
Ход работы	4
Графики	5
Вычисление μ	6
Вывод	7

Оборудование и схема установки

Цифровой осциллограф Keysight со встроенным генератором синусоидального напряжения, ЛАТР, понижающий трансформатор, клемник для сборки электрических цепей, ферритовый или пермаллоевый сердечник, резистор с сопротивлением порядка 1 Ом, резистор с сопротивлением около 100 Ом, резистор с сопротивлением в сотни кОм, конденсатор емкостью около 1 мкФ и выше, толстая медная проволока

Схема установки

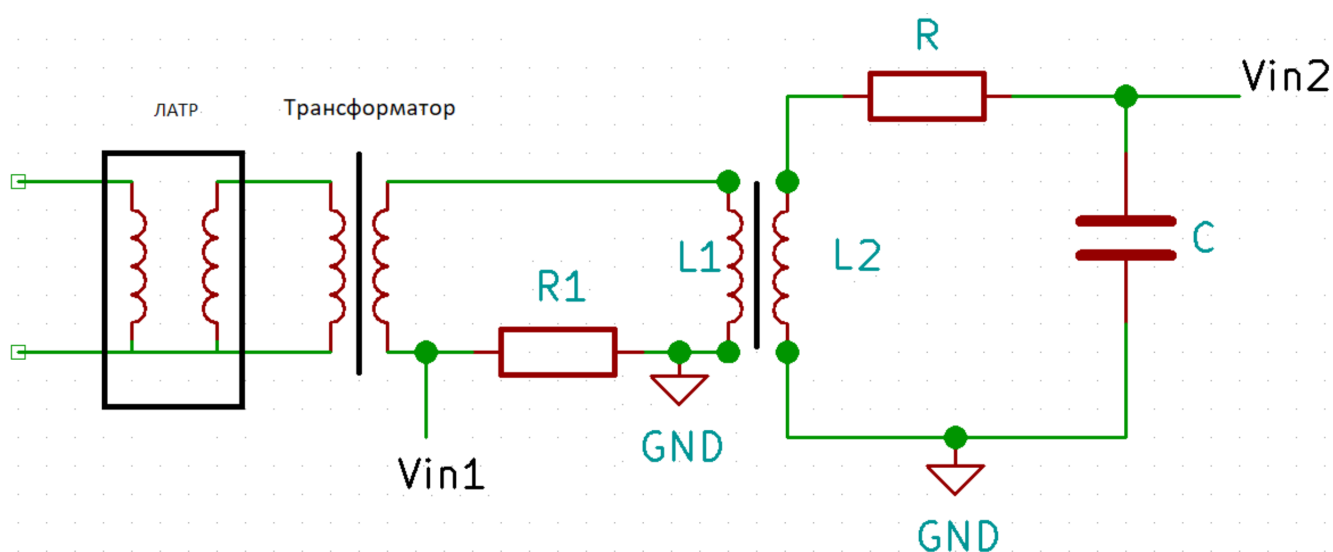


Рис. 1: Схема 1

Теория

$$U_1 = IR \quad (1)$$

Теорема о циркуляции гласит:

$$NI = \oint Bdl = 2\pi aH = (r_1 + r_2)\pi H \quad (2)$$

$$H = \frac{NU_1}{\pi(r_1 + r_2)R_1} \quad (3)$$

$$U = -\frac{d\Phi}{dt}N \quad (4)$$

$$U_2 = \frac{N}{R_2 C} \int_a^b d\Phi = \frac{N(r_1 - r_2)hB}{R_2 C} \quad (5)$$

Почему U_2 пропорционален интегралу от напряжения на катушке:

$$Z = R_2 + \frac{1}{i\omega C} \quad (6)$$

$$U_2 = \frac{Z_C}{Z_1} U = \frac{U}{iR_2\omega C + 1} \quad (7)$$

$$\left| \frac{U_2}{U} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega R_2 C)^2}} \quad (8)$$

При правильном выборе параметров $\omega R_2 C \gg 1$

$$I = \frac{dU_2}{dt} = \frac{U - U_2}{R_2} \quad (9)$$

$$U_2 \approx \frac{1}{R_2 C} \int U dt \quad (10)$$

Ход работы

Чтобы проявился Гистерезис нужно довести металл до насыщения. Для этого понадобятся большие токи через катушку, ну или большое количество витков: в данном случае 40. Нас интересует поведение магнетика и на участке с малым B , для большей точности в этом диапазоне поставим два автоматических трансформатора последовательно. Снимем геометрию сердечника для последующих вычислений:

$$r_1 = 2.002$$

$$r_2 = 1.226$$

$$h = 0.74$$

Посчитав по формулам получим:

$$B(H) = 260.183U_2(38.172U_1) \quad (11)$$

Подгоняем получившуюся для пиков зависимость такой функцией:

$$B(H) = th(aH)b + cH + d$$

Графики

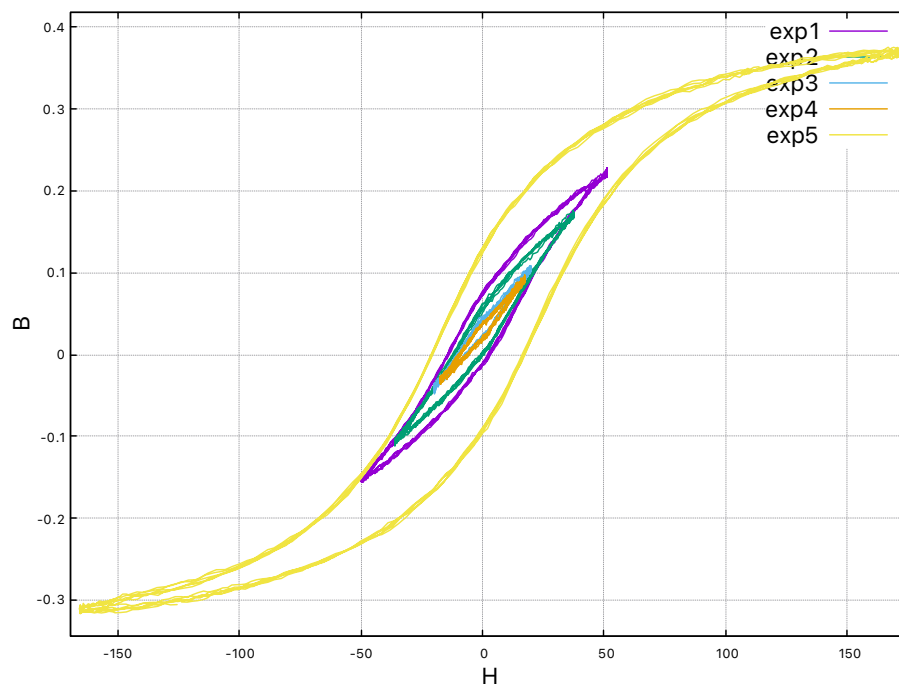


Рис. 2: Несколько петель

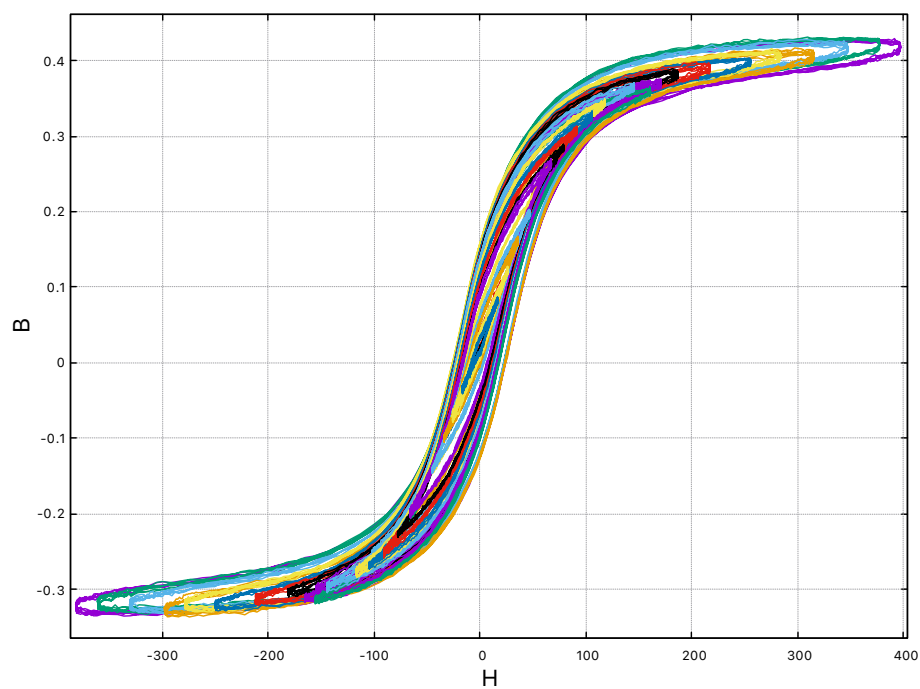


Рис. 3: Все петли

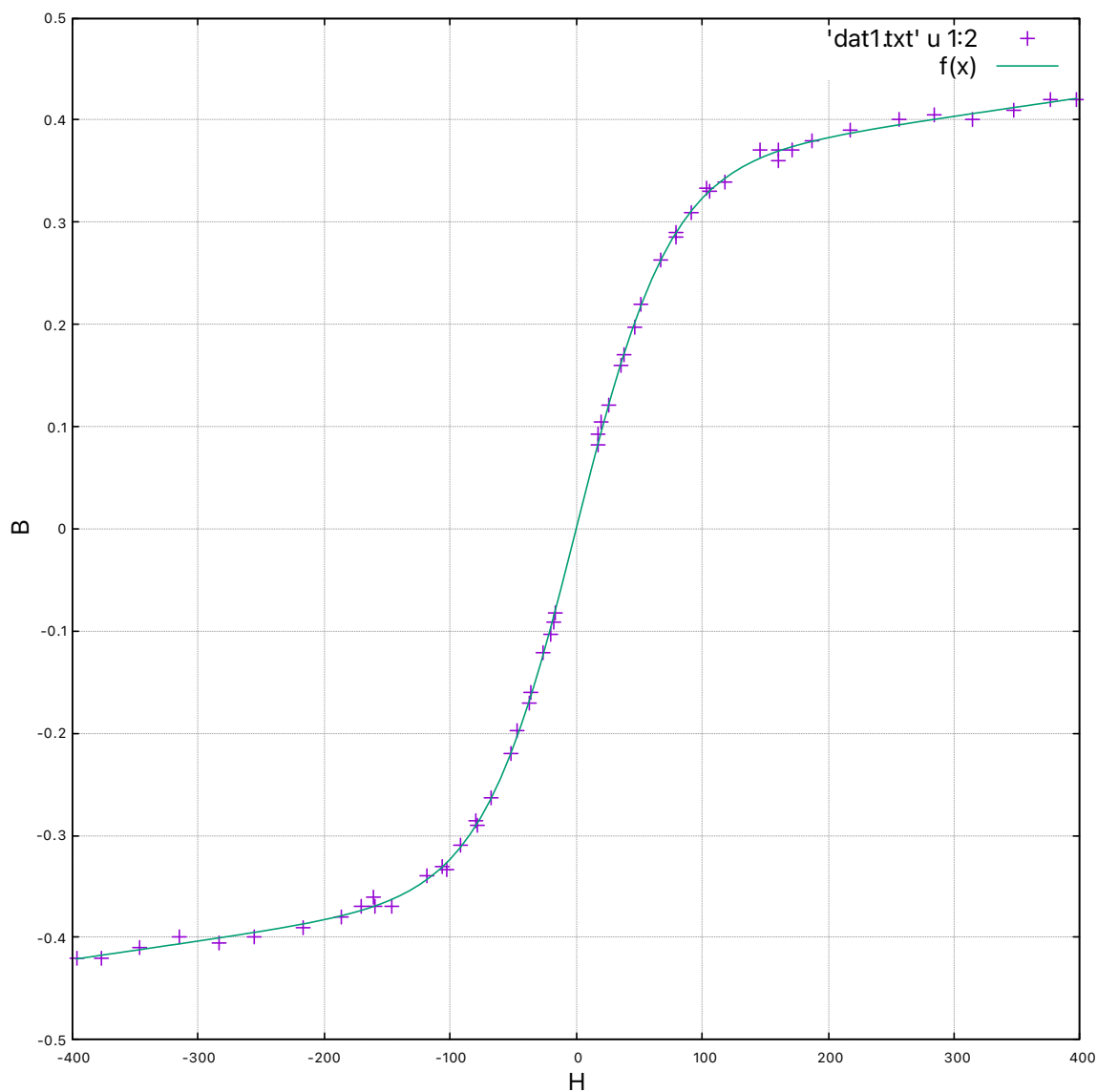


Рис. 4: пики петель, подогнанные кривой

Final set of parameters		Asymptotic Standard Error	
=====		=====	
a	= 0.0134197	+/- 0.000186	(1.386%)
b	= 0.350209	+/- 0.003398	(0.9702%)
c	= 0.000178578	+/- 1.217e-05	(6.817%)
d	= -1.10367e-14	+/- 0.001309	(1.186e+13%)

Рис. 5: значения параметров и их погрешностей

Вычисление μ

$$\mu = \frac{dB}{dH} \frac{1}{\mu_0} = \left(\frac{ab}{ch^2(aH)} + c \right) \frac{1}{\mu_0} \quad (12)$$

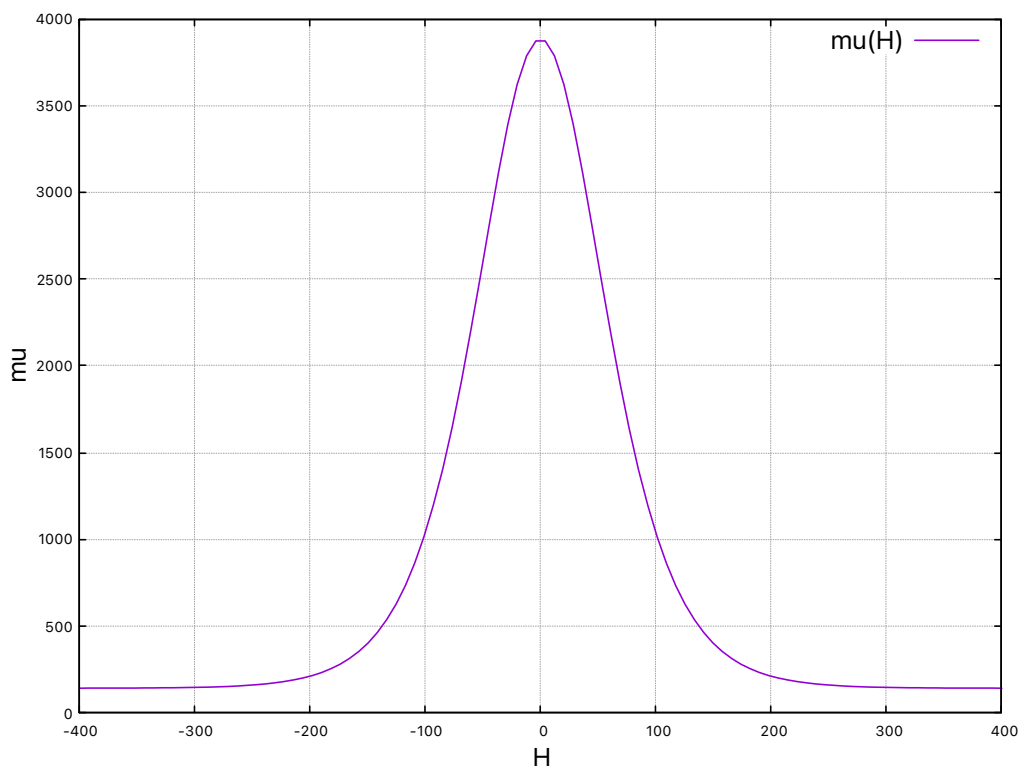


Рис. 6: значения μ от параметра H

Вывод

Все положительное, для чего используют магнитные сердечники в катушках и трансформаторах, перестает работать на некоторых режимах их работы и ведет еще и к потере энергии на элементах с такими сердечниками. Поэтому этот факт нельзя не учитывать при расчете электрической цепи. Полученные параметры имеют какой-то физический смысл. S говорит об асимптотическом поведении материала на больших значениях H . Параметр b и c говорит наоборот о поведении металла вблизи нуля.